Sobre la Materia Exótica

Recopilación de notas

Los últimos hallazgos ofrecen una nueva visión en la concepción de la materia. Claramente, este es un campo de continuos descubrimientos.

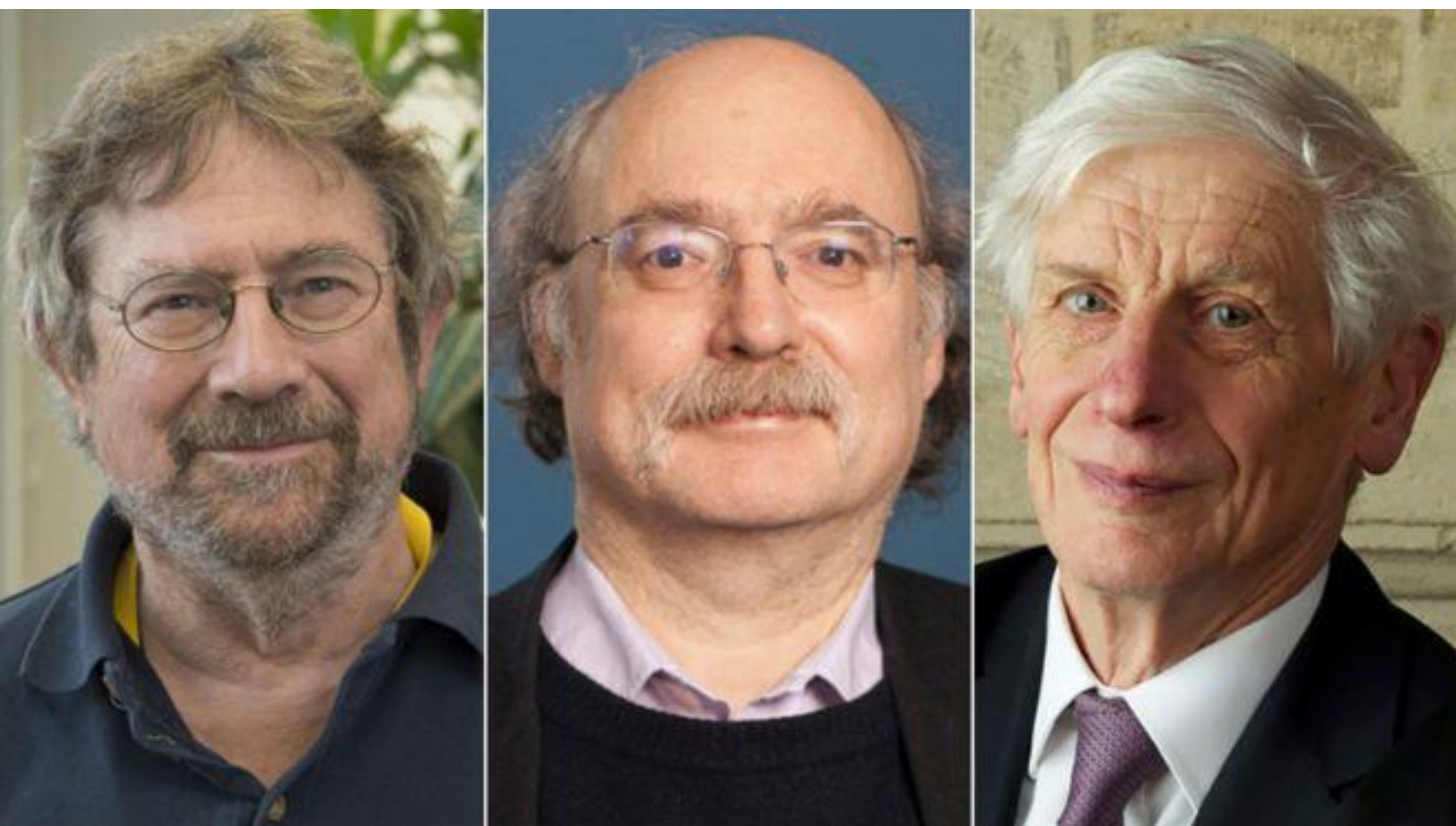
Varios artículos
20/05/2017

RECOPILACIÓN DE NOTAS E INFORMACIÓN SOBRE “MATERIA EXÓTICA”

Qué es y para qué sirve la "materia exótica", el descubrimiento por el que tres científicos británicos ganaron el premio Nobel de Física 2016

Redacción BBC Mundo

- 4 octubre 2



Derechos de autor de la imagen AFP/EPA Image caption Michael Kosterlitz (izquierda), Duncan Haldane (centro) y David Thouless (derecha), los ganadores del premio Nobel de Física 2016.

¿Qué pasa en un mundo desconocido en el que la materia puede asumir estados muy extraños?

Esta es la premisa que mueve a los británicos David Thouless, Duncan Haldane y Michael Kosterlitz, que acaban de recibir el Premio Nobel de Física 2016.

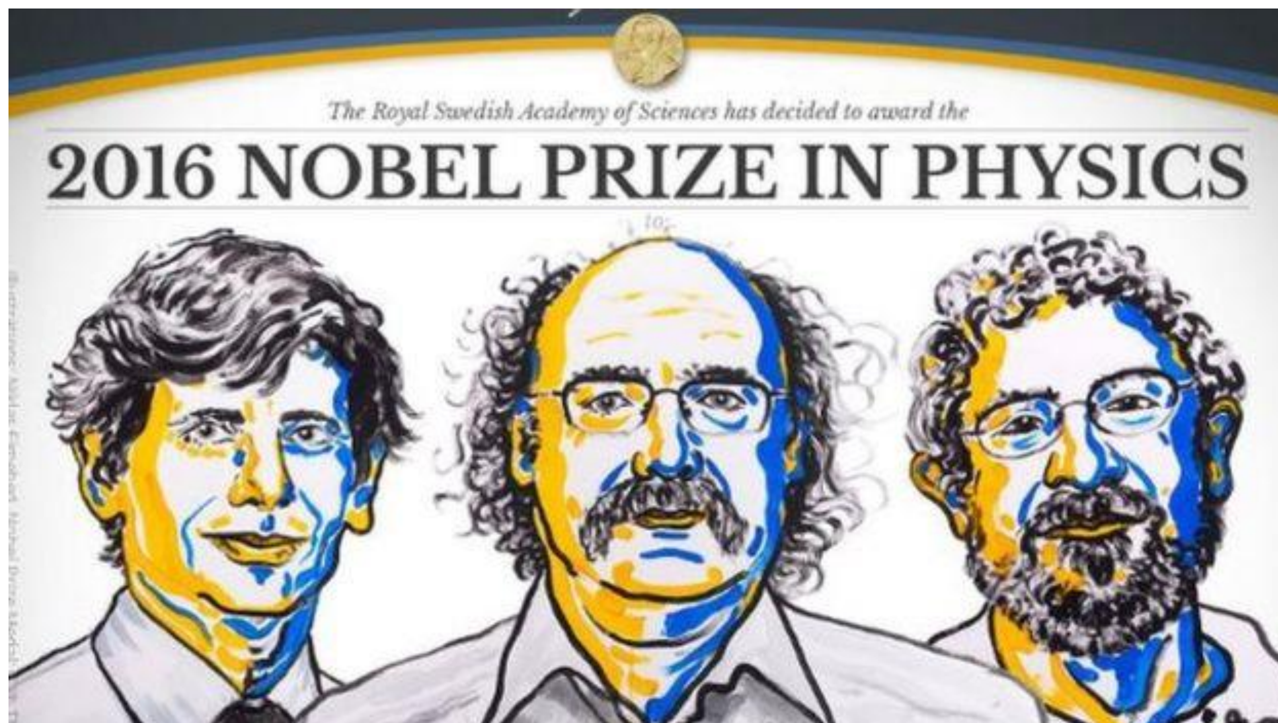
El Instituto Karolinska de Estocolmo, en Suecia, anunció este martes el galardón y dijo que los científicos fueron premiados "por sus descubrimientos teóricos sobre las llamadas transiciones de fases topológicas de la materia".

¿Qué es la autofagia celular, el proceso por el que Yoshinori Ohsumi ganó el Nobel de Medicina 2016?

Thouless, Haldane y Kosterlitza han estudiado más específicamente la "**materia exótica**".

RECOPILACIÓN DE NOTAS E INFORMACIÓN SOBRE "MATERIA EXÓTICA"

Si en un principio este concepto puede sonar muy extraño, no es otra cosa que el estudio en profundidad de lo que ocurre más allá de los conocidos estados líquido, sólido y gaseoso de las cosas que nos rodean.
Lo que les interesó a estos científicos que trabajan en universidades de Estados Unidos fue ver **qué es lo que ocurre cuando la materia se somete a temperaturas extremadamente altas o bajas**.



Derechos de autor de la imagen NOBEL PRIZE.ORG Image caption
Los tres científicos son de origen británico pero su trabajo lo han hecho en Estados Unidos.

Es aquí donde la materia **adopta estados exóticos y abre las puertas a un mundo desconocido** (y aparentemente con muchas posibilidades).

Thouless, Haldane y Kosterlitz utilizaron métodos matemáticos avanzados para estudiar estas facetas o estados inusuales de la materia.

Lo "bi" y "uni" dimensional

Una vez que se conoce el ambiente y las condiciones en que la materia existe, entonces es posible estudiar la materia misma. Eso es lo que se conoce como **topología: un campo de la matemática que describe las propiedades que sólo cambian de forma escalonada**.

Gracias a ella, Kosterlitz y Thouless demostraron en los años 70 que la superconductividad podía ocurrir a bajas temperaturas y así lograron explicar el mecanismo que ocurre cuando esa propiedad desaparece a altas temperaturas.



Derechos de autor de la imagen THINK STOCK Image caption
Con su trabajo, los científicos demostraron lo que parecía imposible.

Ambos científicos **se concentraron en el fenómeno dentro de las formas planas de la materia**, en superficies o capas que son tan finas que pueden considerarse como bidimensionales.
(La superconductividad es la capacidad intrínseca que poseen determinados materiales para **conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida** de energía en determinadas condiciones).

Por su parte, en los años 80 Haldane pudo determinar cómo estos conceptos topológicos de cambios escalonados podían usarse para entender las propiedades en las cadenas de pequeños magnetos que se encuentran en algunos materiales.
Este científico **estudió materia que forma hilos tan delgados que pueden ser considerados unidimensionales**.

¿Para qué sirve?

Si bien hace tres décadas estos conceptos eran meramente teóricos, en la actualidad **tienen aplicaciones en el día a día**, como el desarrollo de nuevas generaciones de dispositivos electrónicos y superconductores.

RECOPILACIÓN DE NOTAS E INFORMACIÓN SOBRE "MATERIA EXÓTICA"

"La avanzada tecnología de hoy en día -como nuestras computadoras- se basa en nuestra habilidad para entender y controlar las propiedades de los materiales involucrados", explicó el profesor Nils Martenson, presidente interino del Comité del Premio Nobel.

"Y los laureados de este año, en su trabajo teórico, descubrieron una seria de regularidades totalmente inesperadas en el comportamiento de la materia".



Derechos de autor de la imagen THINK STOCK Image caption El trabajo de estos premios Nobel es vital en la vida moderna

Martenson agregó que esto ha allanado el camino para el diseño de nuevos materiales con propiedades novedosas.
"Hay grandes esperanzas de que esto sea de gran importancia en **la tecnología del futuro**".
"**Este puede ser el camino para construir computadoras cuánticas**", dijo por su parte Thouless en una llamada telefónica que le hicieron desde el Instituto Karolinska.

Este científico fue galardonado con la mitad del premio, mientras que la otra mitad fue dividida entre Haldane y Kosterlitz.

La distinción será entregada el 10 de diciembre.

LA VANGUARDIA

Josep corbella

04/10/2016 12:07 | actualizado a 04/10/2016 21:23

Tres científicos que "han revelado los secretos de la materia exótica" y que "han abierto la puerta a un mundo desconocido en que la materia puede adoptar estados extraños" han sido reconocidos con el premio **nobel de física de 2016**, según ha anunciado la academia de ciencias sueca. El galardón ha recaído en tres investigadores británicos que trabajan en universidades estadounidenses: **david thouless** de la universidad de washington en seattle; **duncan haldane** de la de princeton; y **michael kosterlitz** de la de brown en providence.

Según el veredicto del jurado, han obtenido el galardón "por **descubrimientos teóricos de transiciones de fase topológicas y estados topológicos de la materia**". Sus descubrimientos se han basado en materiales de dos dimensiones que, a bajas temperaturas, exhiben propiedades antiintuitivas.

En sus investigaciones, "han utilizado métodos matemáticos avanzados para estudiar fases, o estados, inusuales de la materia", como los materiales superconductores o los superfluidos. Estas aportaciones teóricas han abierto la vía a trabajos experimentales para buscar "nuevos y exóticos estados de la materia" que pueden tener "**futuras aplicaciones tanto en ciencia de materiales como en electrónica**", destaca la academia de ciencias sueca en el comunicado en que anuncia el premio.

Los tres premiados realizaron sus principales aportaciones en los años 70 y 80. Pero ha sido en la última década cuando sus descubrimientos "han impulsado la investigación de frontera en física de la materia condensada, en gran parte por la esperanza de que (...) Podrán utilizarse en **nuevas generaciones de productos electrónicos y superconductores** o en futuros **ordenadores cuánticos**", añade el comunicado.

Thouless y kosterlitz transformaron la visión de los materiales superconductores y de los líquidos superfluidos. Los **superconductores** conducen electricidad sin ofrecer ninguna resistencia; por lo tanto, sin pérdida de calor pero creando un potente campo magnético. Ya se utilizan hoy día en máquinas de resonancia magnética para diagnóstico médico y se han ensayado en trenes de levitación magnética. Los **superfluidos**, por su parte, fluyen sin viscosidad y, por lo tanto, sin pérdida de energía cinética.

Los dos investigadores demostraron a principios de los años 70 que la superconductividad y la superfluidez podían darse en capas finas, bidimensionales, algo que en aquella época se consideraba imposible y que ha facilitado sus aplicaciones industriales. Asimismo, explicaron por qué la superconductividad de cualquier material se pierde cuando su temperatura se eleva por encima de un punto crítico: es porque el material experimenta lo que se llama una transición de fase, lo que modifica sus propiedades.



Thomas Hans Hansson, miembro de la Academia de Ciencias Sueca, explica qué es la topología con un pretzel al anunciar el Nobel de Física (Tt News Agency / Reuters)

Sus investigaciones se basaron en la **topología**, una rama de las matemáticas que describe propiedades que cambian de manera discreta y no de manera continua. Por ejemplo, una figura con forma de dónut tiene un agujero. Si se dobla y se le da forma de ocho, tendrá dos. En ambos casos tendrá propiedades distintas. Pero si, en lugar de doblarla, la figura del dónut se moldea y se le da forma de taza, con un asa como único agujero, tendrá las mismas propiedades topológicas que el dónut original.

Utilizando también la topología, Haldane explicó "las propiedades de las cadenas de pequeños imanes que se encuentran en algunos materiales", señala la Academia Sueca. "Gracias a las aportaciones de los tres premiados, hoy día conocemos muchas fases topológicas no sólo en capas finas y en hileras, sino también en materiales ordinarios de tres dimensiones".

David Thouless (nacido en Bearsden, en Escocia, en 1934) recibirá la mitad de los **ocho millones de coronas suecas (unos 830.000 euros)** con que está dotado el premio Nobel. Michael Kosterlitz (nacido en Aberdeen, también en Escocia, en 1942) y Duncan Haldane (nacido en Londres en 1952) recibirán una cuarta parte cada uno.

Como es tradición, el **Nobel de Física** se ha anunciado en martes y es el segundo que se da a conocer este año. Ayer se hizo público el de Medicina, que se ha concedido al japonés Yoshinori

Ohsumi por haber descubierto cómo las células eliminan y reciclan sus residuos con el mecanismo de la autofagia. En los próximos días se harán públicos el de Química (mañana), el de la Paz (el viernes), el de Economía (el lunes) y el de Literatura (en una fecha aún por determinar).

El Nobel de Física se ha concedido en 110 ocasiones desde que se instauró el galardón en 1901. De las 203 personas que han recibido el premio a lo largo de su historia, sólo dos son mujeres: Marie Curie en 1903 y Maria Goeppert-Mayer en 1963.

NASA investiga el viaje más allá de la velocidad de la luz

Científicos de la NASA avanzan con experimentos que posiblemente acercarían la humanidad a crear motores de propulsión por curvatura. El motor de curvatura de Alcubierre consistiría en una nave espacial ovalada con un gran anillo alrededor. Este anillo, elaborado con una 'materia exótica', debe tener la capacidad de modificar el espacio-tiempo alrededor de la nave, creando una región de espacio-tiempo comprimido al frente y otra de espacio-tiempo expandido hacia atrás, todo esto sin modificar el espacio-tiempo de la nave en sí.



Las investigaciones, encabezadas por el físico e ingeniero de la NASA Harold G. White, se realizan en un laboratorio del Centro Espacial Johnson (Houston, Texas), que se sostiene sobre unos muelles neumáticos subterráneos para evitar que cualquier movimiento sísmico influya en los resultados de los experimentos.

El estudio de White y sus colegas consiste en intentar deformar ligeramente la trayectoria de un fotón y registrar el cambio en la distancia que viaja en un área determinada, explica el periódico estadounidense 'The New York Times'.

De esta manera, los científicos tratan de determinar si es posible viajar a la velocidad de la luz o incluso a una velocidad superior. Según **Harold G. White**, *"en la naturaleza es posible. La pregunta es si podemos hacerlo nosotros o no"*. Pero de momento solo se trata de intentar crear 'burbujas' de espacio distorsionado a nivel microscópico, *"no pretendemos equipar una nave espacial con este sistema"*, dijo White a 'The New York Times'.

Hay que recordar que, según la teoría de la relatividad especial de **Albert Einstein**, todavía no refutada en sus fundamentos básicos, la velocidad de la luz en el vacío no puede ser superada.

Sin embargo, el físico mexicano **Miguel Alcubierre** descubrió que teóricamente se puede distorsionar el espacio de manera que este se contraiga delante de un objeto y se expanda detrás de él. En otras palabras, el objeto puede ser propulsado por el propio espacio-tiempo y desplazarse de un punto a otro más rápido que la luz, sin contradecir a la teoría de Einstein.

WARP

La velocidad warp (o de empuje por curvatura) es una forma teórica de moverse más rápido que la velocidad de la luz que fue popularizado en la serie de televisión Star Trek. El concepto para que este método de transporte se pueda realizar en el mundo real fue demostrado por el físico mexicano Miguel Alcubierre en 1994, sin embargo los cálculos afirmaban que se necesitaba una cantidad inalcanzable de energía.

El motor de curvatura de Alcubierre consistiría en una nave espacial ovalada con un gran anillo alrededor. Este anillo, elaborado con una 'materia exótica', debe tener la capacidad de modificar el espacio-tiempo alrededor de la nave, creando una región de espacio-tiempo comprimido al frente y otra de espacio-tiempo expandido hacia atrás, todo esto sin modificar el espacio-tiempo de la nave en sí.

Esto permitiría a la nave espacial moverse teóricamente a 10 veces la velocidad de la luz sin romper las leyes de la física, siempre y cuando pudiéramos generar 10^45 Julios de energía (eso es alrededor de la energía contenida en la masa de Júpiter).

Como esta cifra es inalcanzable para nuestra civilización, durante años la velocidad warp estuvo remitida a una fantasía de la ciencia ficción, sin embargo, los físicos de la NASA aseguraron que se pueden ajustar unos conceptos al motor de curvatura de Alcubierre para que sea factible con una cantidad considerablemente menor de energía. *"Hay esperanza"*, afirmó Harold "Sonny" White, del Centro Espacial Johnson de la NASA, en el simposio 100 años de naves espaciales.

El nuevo método consistiría en sustituir la forma de anillo de la 'materia exótica' con una forma toroidal (o sea, en forma de rosquilla), lo que reduciría la energía necesaria para impulsar la nave al equivalente de la masa del Voyager 1, lanzado en 1977. Además, se podría reducir incluso más la cantidad de energía si se hace oscilar la intensidad de la modificación del espacio-tiempo en torno a la nave.

"Los resultados que presenté cambian la velocidad warp de impráctica a plausible, y requiere ser más investigada", aseguró White. Yo al menos tengo claro donde viajaría si se pudiera.

Nobel de Física por entender la materia exótica

4 Oct 2016 - 10:00 PM

María Mónica Monsalve

David Thouless, Duncan Haldane y Michael Kosterlitz entendieron cómo funciona la materia más allá de los estados sólido, líquido y gaseoso.



La razón por la que tres grandes científicos británicos recibieron el Nobel de Física 2016 suena como de otro mundo: "Por los descubrimientos teóricos de las transiciones de fase topológica y fases topológicas de la materia". Un avance científico que, detrás de la complejidad de las palabras, permitió entender cómo funciona la materia en estados inusuales o exóticos.

Es probable que de nuestras clases de física del colegio recordemos un principio básico: la materia suele presentarse en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. La transición de uno a otro depende de ciertas variables, entre ellas la temperatura a la que se somete. Pero ¿qué pasa en

los estados inusuales, extraños o exóticos que se escapan de estas tres categorías, como la que forma parte de los superconductores, los superfluidos y las películas magnéticas?

Esta fue la pregunta que durante varios años y a través de un modelo matemático respondieron David J. Thouless, profesor de la Universidad de Washington; Duncan Haldane, de la Universidad de Princeton, y Michael Kosterlitz, de la Universidad de Brown, quienes fueron galardonas por la Real Academia Sueca de las Ciencias.

En condiciones de extrTemo calor o frío, superando los -273 °C, por ejemplo, la materia puede asumir condiciones inusuales, como ser bidimensional. Un estado que, a diferencia del sólido, el líquido o el gaseoso, no puede estudiarse desde sus características geométricas, sino desde sus características topológicas, es decir, por cómo están ordenados sus pocos átomos en el espacio.

En 1972, Kosterlitz y Thouless estudiaron los fenómenos que se dan en estos estados inusuales, que por estar organizados en capas tan delgadas pueden considerarse bidimensionales, y por ende tienen lógicas distintas al mundo tridimensional, que es como la física había explicado hasta ahora el mundo.

Reunidos en Birmingham (Reino Unido), ambos científicos describieron cómo se da la transición de la materia cuando está en un estado bidimensional, negando una idea de la física que hasta el momento se daba por sentada, según la cual se entendía que cuando la materia se conforma como una planicie, no tiene transiciones debido a que no existe un "orden". La explicación de cómo se da "la transición de fases topológica", como se conoció más tarde este fenómeno, ha permitido que hoy se pueda pensar en computadores cuánticos más ágiles. Además rompió el mito de que en capas delgadas la materia pierde la superconductividad y la superfluidez.

De hecho, en 1980, Thouless realizó un experimento con capas conductoras de electricidad muy finas —bidimensionales—, en el que logró medir que la facilidad para conducir la electricidad se da a pasos enteros. Es decir, es topológica. Al mismo tiempo, Haldane utilizó la misma lógica de números enteros para concluir que cuando las cadenas de imanes están conformadas por pares son topológicas, pero cuando están conformadas por imanes impares no lo son. Detrás de ambas conclusiones se encuentra el modelo matemático que tanto alboroto generó en el mundo de la ciencia y que se llevó el galardón.

Las matemáticas de los "huecos"

Para explicar el modelo matemático, lo más fácil, concluyó Thors Hans Hanson, miembro del comité de física de los premios durante la ceremonia de premiación, es acudir a su lonchera de almuerzo. De ella saca un rollo de canela, sin ningún agujero, un bagel con un hueco en el centro y un pretzel con dos agujeros. "Aunque los tres varían en sabor y tamaño, lo que importa a los ojos de un topólogo es el número de agujeros", explicó.

Esto se conoce como topología matemática, en la que los números sólo son enteros y nunca hay un intermedio. Un bagel, por ejemplo, no puede tener un hueco y medio. Mientras que si se parte a la mitad, el pretzel pasará de tener un hueco a dos. Así como con los huecos del almuerzo de Hanson, la conducción eléctrica en algunos estados cuánticos sólo cambia en pasos que son múltiplos de números enteros.

La topología detrás del rollo de canela, el bagel y el pretzel les permitió a los físicos entender que cuando algunos materiales se enfrían pueden pasar de ser un conductor eléctrico a un superconductor, donde los electrones fluyen sin resistencia. Un nuevo paso para conocer cuáles son las lógicas que oculta el desconocido mundo de los estados inusuales de la materia.

Por acompañar el proceso entero por más tiempo, Thouless recibió la mitad del premio, mientras la otra mitad fue repartida entre Haldane y Kosterlitz por sus contribuciones al campo que, desde entonces, ha permitido que otros científicos descubran nuevas fases topológicas, no sólo en las capas bidimensionales, sino en estados tridimensionales.

Las partículas exóticas del origen de la materia oscura

Karina Maldonado Portillo
3/dic/2012

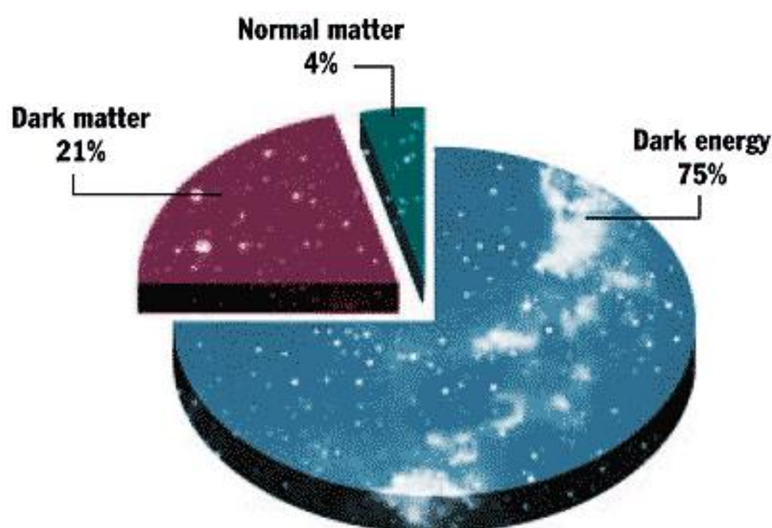
Uno de los grandes retos de la astrofísica moderna es la llamada materia oscura y el origen de las galaxias, procesos en los que podrían estar involucradas partículas elementales aún desconocidas, dijo el investigador Vladimir Ávila-Reese, del Instituto de Astronomía de la UNAM, en su visita al IFUNAM el 27 de septiembre.



Sólo 4% de lo que existe en el Universo es materia visible. Scientific American

En su conferencia "Restricciones a la existencia de partículas elementales más allá del Modelo Estándar usando telescopios", como parte del Coloquio del Instituto de Física, Ávila-Reese explicó que la existencia de estas partículas es fundamental para responder a la pregunta de cómo se distribuyen las galaxias en el universo.

Las actuales teorías, explicó Vladimir Ávila, afirman que las galaxias son como esponjas porque entre los conglomerados de materia estelar existen huecos que podrían estar llenos de esa materia oscura. De hecho, se calcula que ésta es cinco veces mayor a la materia visible, de la que están formados los planetas, las estrellas y demás objetos celestes.



Científicos apuntan que más del 90% de lo que existe en el universo es invisible para nuestros ojos.

Pero ¿cómo se sabe de la existencia de la materia oscura si no se puede ver? Debido a la acción que la fuerza de gravedad ejerce sobre el brillo que emiten las estrellas. Esto puede identificar a través de las llamadas lentes gravitacionales, un efecto en que los cúmulos de galaxias actúan como lentes que distorsionan la luz emitida por las galaxias de fondo, por lo tanto la luz muestra una curvatura de la luz a causa de los efectos gravitacionales. En esencia, las lentes gravitacionales ocasionan la curvatura de los rayos de la luz, debido a ello los objetos parecen estar en un lugar diferente y se magnifican.

Video del Instituto Max Planck que muestra cómo es el desarrollo de las lentes gravitacionales.

Ávila-Reese explica que esta materia oscura podría estar constituida por “partículas elementales exóticas” que no tienen la finalidad de formar núcleos, ni átomos ni tampoco interactúan electromagnéticamente.

La materia oscura tiene muchos candidatos de partículas que podrían descifrar su constitución; de acuerdo a la masa del tipo de partícula será el tipo de materia oscura, la cual puede ser fría, tibia y caliente.

En el caso de la materia oscura caliente, las partículas que la constituirían serían relativistas, es decir, que alcanzan velocidades similares a las de la luz; los neutrinos son partículas que se consideran materia oscura caliente y hasta el momento, son los únicos que se han detectado. Mientras que la materia oscura tibia se compone de partículas más rápidas y más pequeñas.

Sin embargo, de acuerdo con el también astrónomo, las partículas que están relacionadas con la formación de halos oscuros y galaxias son denominadas Materia Oscura Fría (MOF) caracterizadas por ser muy pesadas, de larga vida, frías y que no colisionan; es decir que tienen una vida similar a la edad actual del universo, es fría porque se agrupan a causa de la gravedad y no colisionan porque la zona eficaz para haber colisiones es muy pequeña.

Las galaxias se forman por “halos oscuros” que atraen el gas de la materia visible (también llamada bariónica), la cual se acumula y forma lo que será el centro de la galaxia. Luego se forma un disco que se mantiene en rotación. En ese cúmulo se alcanzan enormes temperaturas que facilitan la creación de estrellas.

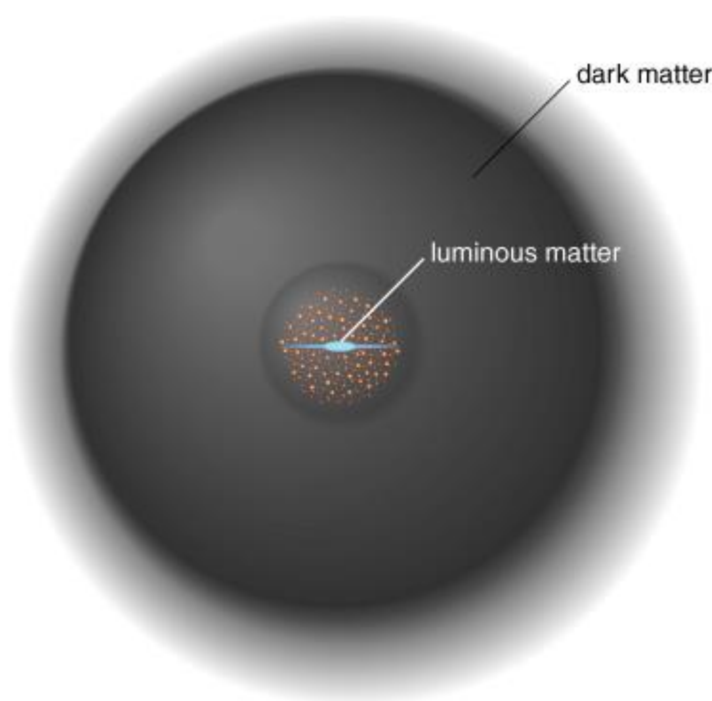
Sin embargo, para Ávila-Reese “las cosas no son tan triviales, pues esto no quiere decir que de los halos oscuros inmediatamente se creen las galaxias, sino que es en ese intervalo en el que se lleva a cabo toda la astrofísica que se necesita para la creación de materia estelar”.

"La formación de las galaxias implica física mucho más compleja que sólo la gravitación, también considera la hidrodinámica del gas que se enfría y que cae en los centros de las galaxias, los procesos de formación de estrellas, la formación de hoyos negros supermasivos. Todo esto se estudia para saber cómo pasamos del Universo homogéneo al Universo grumoso", dijo el investigador.

El trabajo de muchos astrónomos, físicos y matemáticos es encontrar evidencia de esas partículas exóticas, para poder estar seguros de que la materia oscura existe realmente.

El Gran Colisionador de Hadrones, que hace unos meses reveló la existencia de una partícula con características similares al bosón de Higgs, también tiene entre sus objetivos justamente detectar otras partículas aún hipotéticas, como el neutralino, que podrían constituir a la MOF.

"El entender y demostrar qué es la materia oscura en las galaxias, y el universo en general, es uno de los principales retos de la ciencia actual", afirma Vladimir Ávila en su texto *La Historia del Universo*, en el que aborda distintos aspectos del Universo como la Teoría de la Gran Explosión y la creación de galaxias y estrellas.



La imagen muestra cómo una galaxia está envuelta en un halo de materia oscura. Fuente: Scienceblogs.com.

Nobel de Física 2016 por desvelar los secretos de la "materia exótica" mediante la topología

By Triplenlace on 4 - Octubre - 2016

La **topología** es una rama de las matemáticas que estudia ciertas propiedades de los cuerpos geométricos, concretamente aquellas que permanecen inalteradas en una "transformación continua". Por ejemplo, la taza de la figura se puede transformar en una rosquilla sin que se pierda la propiedad de "tener un hueco". Otro ejemplo: un plano del metro simplificado se obtiene transformando los trazos del plano real en un conjunto de líneas más sencillas, pero hay propiedades que el plano simplificado conserva a pesar de esta transformación, como por ejemplo las conexiones entre las líneas del metro.

Pues bien, este y otros conceptos de la topología se han podido aplicar a las propiedades de las fases más extrañas de la materia con resultados sorprendentes. Eso les ha valido el premio Nobel de Física 2016 a **David Thouless**, **Michael Kosterlitz** y **Duncan Haldane**.

Estos científicos han estudiado estados de la materia inusuales como los de los superconductores, los superfluidos o las películas magnéticas delgadas.

El uso de la topología como herramienta de la Física la iniciaron a principios de la década de 1970 Michael Kosterlitz y David Thouless, que echaron por tierra la teoría vigente en ese momento de que la superconductividad o la superfluidez no podían ocurrir en capas delgadas. Demostraron que la superconductividad podría ocurrir a bajas temperaturas. Además explicaron el mecanismo, basado en transiciones de fase, que sustenta el hecho de que la superconductividad desaparezca a temperaturas más altas.

En la década de 1980, Thouless fue capaz de explicar un experimento con capas conductoras muy delgadas basándose en las leyes de la topología. Aproximadamente al mismo tiempo, Duncan Haldane descubrió cómo los conceptos topológicos se puede utilizar para comprender las propiedades de las cadenas de pequeños imanes que se encuentran en algunos materiales. Ahora conocemos muchas *fases topológicas*, no solo en capas finas e hilos,

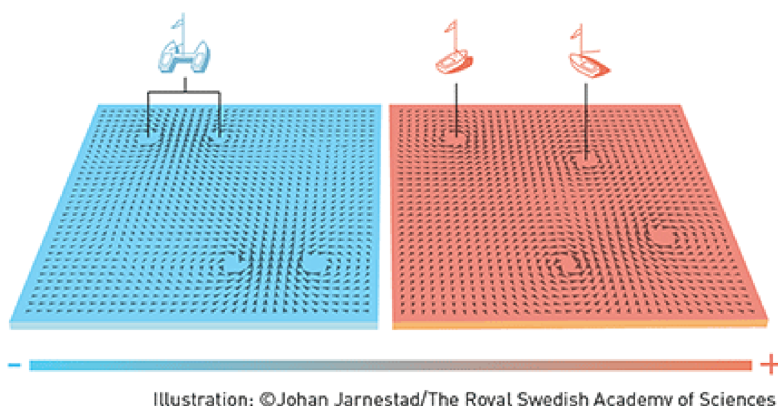


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

sino también en materiales tridimensionales ordinarios. Durante la última década, la física de la materia condensada ha experimentado un gran empuje gracias a este modo de enfocar los problemas y se ha llegado al convencimiento de que los *materiales topológicos* van a encontrar multitud de interesantes aplicaciones en electrónica, superconductividad y computación cuántica.



David J. Thouless nació en 1934 en Bearsden, Reino Unido. Se doctoró en 1958 en la Universidad de Cornell, EE.UU. Es profesor emérito de la Universidad de Washington.

F. Duncan Haldane M., nacido en 1951 en Londres, es doctor por la Universidad de Cambridge (1978). Actualmente es Profesor de Física en la Universidad de Princeton, EE.UU.

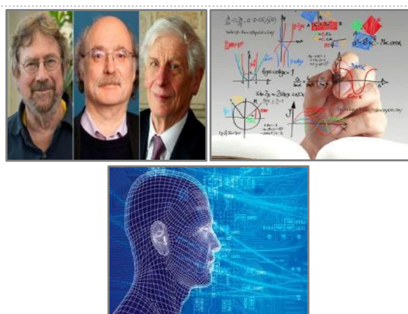
J. Michael Kosterlitz, nacido en 1942 en Aberdeen, Reino Unido es doctor desde 1969 (Universidad de Oxford, Reino Unido) y actualmente es profesor de Física en la Universidad Brown, EE.UU.

Qué es y para qué sirve la "materia exótica"

• El avance permitió entender los estados extraños de la materia



Los fenómenos que se dan en estados inusuales, por estar organizados en capas tan delgadas pueden considerarse bidimensionales. **GALERÍA**



La razón por la que tres grandes científicos británicos recibieron el Nobel de Física 2016 suena como de otro mundo: "Por los descubrimientos teóricos de las transiciones de fase topológica y fases topológicas de la materia". Un avance científico que, detrás de la complejidad de las palabras, permitió entender cómo funciona la materia en estados inusuales o exóticos.

Es probable que de nuestras clases de física del colegio recordemos un principio básico: la materia suele presentarse en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. La transición de uno a otro depende de ciertas variables, entre ellas la temperatura a la que se somete. Pero ¿qué pasa en los estados inusuales, extraños o exóticos que se escapan de estas tres categorías, como la que forma parte de los superconductores, los superfluidos y las películas magnéticas?

MODELO MATEMÁTICO

Esta fue la pregunta que durante varios años y a través de un modelo matemático respondieron David J. Thouless, profesor de la Universidad de Washington; Duncan Haldane, de la Universidad de Princeton, y Michael Kosterlitz, de la Universidad de Brown, quienes fueron galardonas por la Real Academia Sueca de las Ciencias.

En condiciones de extremo calor o frío, superando los -273 °C, por ejemplo, la materia puede asumir condiciones inusuales, como ser bidimensional. Un estado que, a diferencia del sólido, el líquido o el gaseoso, no puede estudiarse desde sus características geométricas, sino desde sus características topológicas, es decir, por cómo están ordenados sus pocos átomos en el espacio.

En 1972, Kosterlitz y Thouless estudiaron los fenómenos que se dan en estos estados inusuales, que por estar organizados en capas tan delgadas pueden considerarse bidimensionales, y por ende tienen lógicas distintas al mundo tridimensional, que es como la física había explicado hasta ahora el mundo.

Reunidos en Birmingham (Reino Unido), ambos científicos describieron cómo se da la transición de la materia cuando está en un estado bidimensional, negando una idea de la física que hasta el momento se daba por sentada, según la cual se entendía que cuando la materia se conforma como una planicie, no tiene transiciones debido a que no existe un "orden". La explicación de cómo se da "la transición de fases topológica", como se conoció más tarde este fenómeno, ha permitido que hoy se pueda pensar en computadores

cuánticos más ágiles. Además rompió el mito de que en capas delgadas la materia pierde la superconductividad y la superfluidez.

De hecho, en 1980, Thouless realizó un experimento con capas conductoras de electricidad muy finas —bidimensionales—, en el que logró medir que la facilidad para conducir la electricidad se da a pasos enteros. Es decir, es topológica. Al mismo tiempo, Haldane utilizó la misma lógica de números enteros para concluir que cuando las cadenas de imanes están conformadas por pares son topológicas, pero cuando están conformadas por imanes impares no lo son. Detrás de ambas conclusiones se encuentra el modelo matemático que tanto alboroto generó en el mundo de la ciencia y que se llevó el galardón.

LOS "HUECOS"

Para explicar el modelo matemático, lo más fácil, concluyó Thors Hans Hanson, miembro del comité de física de los premios durante la ceremonia de premiación, es acudir a su lonchera de almuerzo. De ella saca un rollo de canela, sin ningún agujero, un bagel con un hueco en el centro y un pretzel con dos agujeros. "Aunque los tres varían en sabor y tamaño, lo que importa a los ojos de un topólogo es el número de agujeros", explicó.

Esto se conoce como topología matemática, en la que los números sólo son enteros y nunca hay un intermedio. Un bagel, por ejemplo, no puede tener un hueco y medio. Mientras que si se parte a la mitad, el pretzel pasará de tener un hueco a dos. Así como

con los huecos del almuerzo de Hanson, la conducción eléctrica en algunos estados cuánticos sólo cambia en pasos que son múltiplos de números enteros.

La topología detrás del rollo de canela, el bagel y el pretzel les permitió a los físicos entender que cuando algunos materiales se enfrían pueden pasar de ser un conductor eléctrico a un superconductor, donde los electrones fluyen sin resistencia. Un nuevo paso para conocer cuáles son las lógicas que oculta el desconocido mundo de los estados inusuales de la materia.

Por acompañar el proceso entero por más tiempo, Thouless recibió la mitad del premio, mientras la otra mitad fue repartida entre Haldane y Kosterlitz por sus contribuciones al campo que, desde entonces, ha permitido que otros científicos descubran nuevas fases topológicas, no sólo en las capas bidimensionales, sino en estados tridimensionales.

ESTADOS EXTRAÑOS

David Thouless, Duncan Haldane y Michael Kosterlitz entendieron cómo funciona la materia más allá de los estados sólido, líquido y gaseoso.

¿Qué pasa en un mundo desconocido en el que la materia puede asumir estados muy extraños? Esta es la premisa que mueve a los británicos David Thouless, Duncan Haldane y Michael Kosterlitz, que acaban de recibir el Premio Nobel de Física 2016.

El Instituto Karolinska de Estocolmo, en Suecia, anunció el galardón y dijo que los científicos fueron premiados «por sus descubrimientos teóricos sobre las llamadas transiciones de fases topológicas de la materia».

Qué es la autofagia celular, el proceso por el que Yoshinori Ohsumi ganó el Nobel de Medicina 2016.

MATERIA EXÓTICA

Thouless, Haldane y Kosterlitz han estudiado más específicamente la "materia exótica". Si en un principio este concepto puede sonar muy extraño, no es otra cosa que el estudio en profundidad de lo que ocurre más allá de los conocidos estados líquido, sólido y gaseoso de las cosas que nos rodean.

Lo que les interesó a estos científicos que trabajan en universidades de Estados Unidos fue ver qué es lo que ocurre, cuando la materia se somete a temperaturas extremadamente altas o bajas.

Es aquí donde la materia adopta estados exóticos y abre las puertas a un mundo desconocido (y aparentemente con muchas posibilidades)

Una vez que se conoce el ambiente y las condiciones en que la materia existe, entonces es posible estudiar la materia misma. Eso es lo que se conoce como topología: un campo de la matemática que describe las propiedades que sólo cambian de forma escalonada.

Gracias a ella, Kosterlitz y Thouless demostraron en los años 70 que la superconductividad podía ocurrir a bajas temperaturas y así lograron explicar el

mecanismo que ocurre cuando esa propiedad desaparece a altas temperaturas. Con su trabajo, los científicos demostraron lo que parecía imposible.

FORMAS PLANAS

Ambos científicos se concentraron en el fenómeno dentro de las formas planas de la materia, en superficies o capas que son tan finas que pueden considerarse como bidimensionales.

(La superconductividad es la capacidad intrínseca que poseen determinados materiales para conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en determinadas condiciones).

Por su parte, en los años 80 Haldane pudo determinar cómo estos conceptos topológicos de cambios escalonados podían usarse para entender las propiedades en las cadenas de pequeños magnetos que se encuentran en algunos materiales.

Este científico estudió materia que forma hilos tan delgados que pueden ser considerados unidimensionales.

¿PARA QUÉ SIRVE?

Si bien hace tres décadas estos conceptos eran meramente teóricos, en la actualidad tienen aplicaciones en el día a día, como el desarrollo de nuevas generaciones de dispositivos electrónicos y superconductores.

«La avanzada tecnología de hoy en día -como nuestras computadoras- se basa en nuestra habilidad para entender y controlar las propiedades de los materiales involucrados», explicó el profesor Nils Martenson, presidente interino del Comité del Premio Nobel.

«Y los laureados de este año, en su trabajo teórico, descubrieron una seria deregularidades totalmente inesperadas en el comportamiento de la materia».

Martenson agregó que esto ha allanado el camino para el diseño de nuevos materiales con propiedades novedosas.

«Este puede ser el camino para construir computadoras cuánticas», dijo por su parte Thouless en una llamada telefónica que le hicieron desde el Instituto Karolinska.

Este científico fue galardonado con la mitad del premio, mientras que la otra mitad fue dividida entre Haldane y Kosterlitz. La distinción será entregada el 10 de diciembre.

DATOS

- Bajo la definición más amplia, la materia extraña podría ocurrir dentro de las estrellas de neutrones, si la presión en su núcleo es suficientemente alta (superior a la presión crítica). Al tipo de densidades que son esperables en el centro de una estrella de neutrones, la materia de quarks sería probablemente materia extraña.

- También podría ser materia de quarks no extraña, si la masa efectiva del quark extraño fuese demasiado alta. Los quarks encanto y más pesados solo ocurrirían a densidades mucho mayores.

Textos: María Mónica Monsalve y BBC Mundo

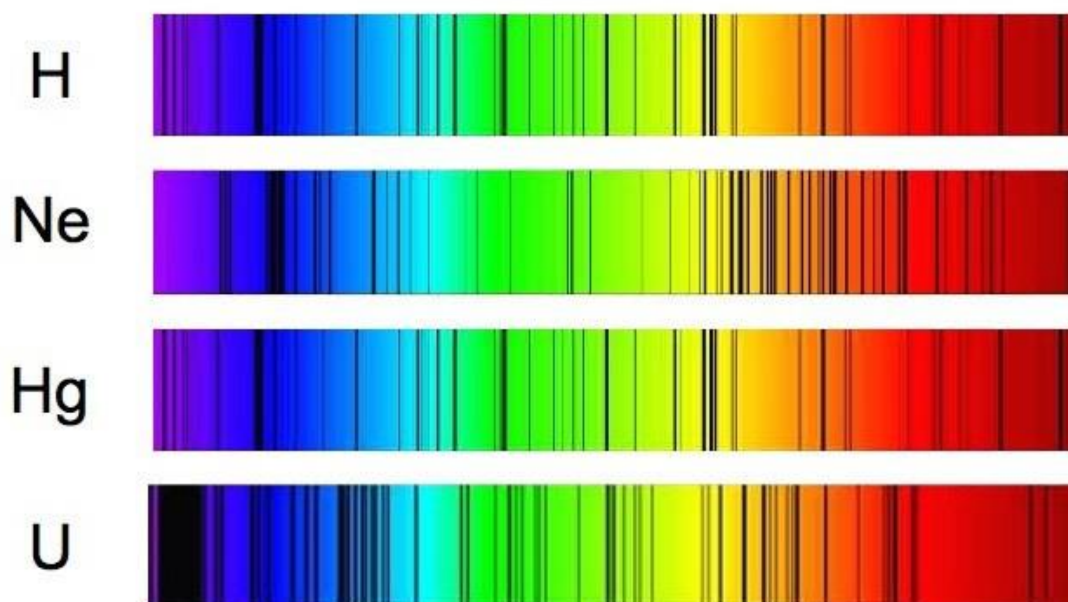
18/09/2016 BY BROWNIANA

Materia exótica

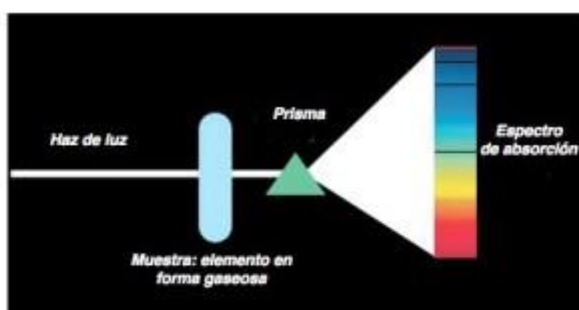
Una visión sobre el enigma del radio del protón.

El átomo

El estudio escrupuloso del átomo ha sido, por más de 100 años, el percutor que ha desencadenado maravillosos desarrollos teóricos de la física del microcosmos del siglo XX. Desde los famosos experimentos de Rutherford, llevados a cabo por Hans Geiger y Ernest Marsden entre 1908 y 1913, cada paso en la evolución de la física cuántica ha estado relacionado con el entendimiento de la estructura atómica y su interacción con la radiación electromagnética.



La materia absorbe y emite luz. Cada uno de estos procesos define un patrón llamado "espectro", que constituye una huella digital para cada elemento de la tabla periódica. Entonces, cada elemento puede ser identificado por su espectro y esto constituye una pieza esencial en el estudio de la estructura del átomo y sus mecanismos de interacción.



El pionero fue Bohr, quien ideó un modelo descriptivo de los niveles de energía discontinuos del electrón en el átomo de Hidrógeno que eran inexplicables usando principios de mecánica clásica. Esto es, desde el punto de vista de la física conocida antes de los experimentos de Rutherford, no había ninguna explicación para la observación de que la energía del electrón cuando está enlazado al átomo solo toma ciertos valores y no un continuo de números. Luego, con el establecimiento de los postulados de la mecánica cuántica no relativista de Heisenberg y Schrödinger se logró un marco teórico consistente capaz de describir propiedades de los de los electrones ligados al núcleo en los átomos y en las moléculas.
La espectacular concordancia entre los experimentos y las predicciones de la teoría cuántica la convirtió en un área de física terriblemente exitosa. La mecánica cuántica describe propiedades de los espectros con precisión, así como los efectos causados por campos externos eléctricos (efecto Stark) y magnéticos (efecto Zeeman) sobre los átomos. También es esencial en el entendimiento de los diferentes enlaces químicos, de la estructura molecular y cristalina de la materia. En general, la física del estado sólido depende de la mecánica cuántica. Sin ella, no podemos explicar fenómenos como el ferromagnetismo, la superconductividad, los semiconductores, por mencionar solo unos pocos. No es posible construir electrónicos, computadoras corrientes y mucho menos computadores cuánticos; incluso el teléfono inteligente o tableta, en la que en este momento estás leyendo este artículo, dependen de la física cuántica.

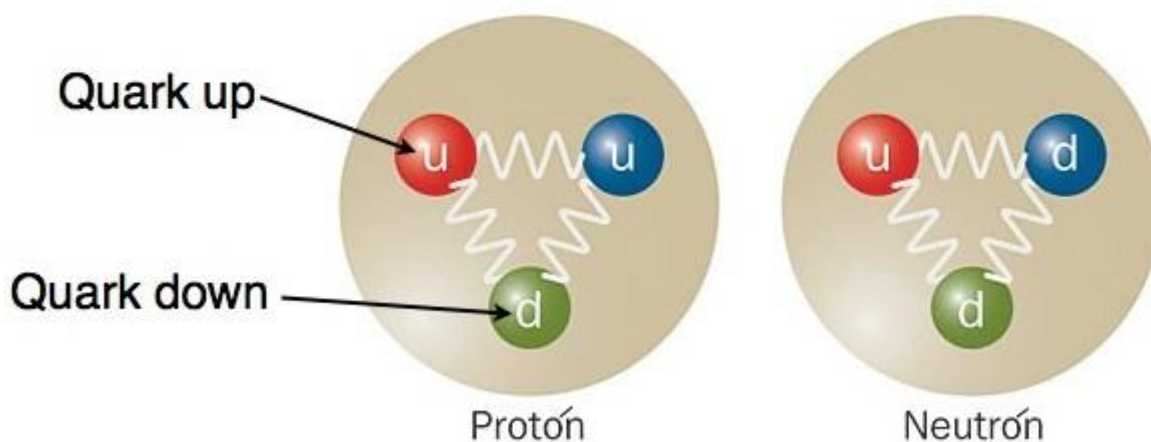
No obstante, la mecánica cuántica no es suficiente. Existen fenómenos en el átomo, observados en experimentos de alta precisión, que no pueden ser descritos sin introducir correcciones de relatividad especial. Los electrones en el átomo tienen *estados ligados*, esto es, las condiciones bajo las cuales el electrón está enlazado al núcleo. Estos estados están caracterizados por: los niveles de energía, la distribución espacial de los electrones con respecto al núcleo, para cada nivel de energía, formalmente conocidos como estados de momento angular, y una propiedad intrínseca del electrón llamada espín.

De acuerdo con la mecánica cuántica, hay estados de momento angular y espín que tienen exactamente la misma energía. Sin embargo, mediciones muy finas revelan que en algunos casos hay diferencias de energía muy pequeñas entre estos estados que no pueden ser explicadas con mecánica cuántica no relativista. La mecánica cuántica relativista, desarrollada por Paul Dirac en 1928 (premio Nobel 1933, junto con Schrödinger), logra explicar algunas de estas diferencias de energía, pero se queda corta y no consigue aclararlas todas. En 1941, Lamb y Retherford[1], observaron un desplazamiento de energía hiperfino no descrito por la teoría de Dirac, fenómeno que se conoce como "el corrimiento de energía de Lamb". Este efecto sólo pudo ser explicado tras la concepción de la teoría cuántica del campo electromagnético o electrodinámica cuántica, por Richard Feynman, Shin'ichirō Tomonaga y Julian Schwinger (premio Nobel 1965).

Asimismo, para llegar a la compresión profunda de la composición y estructura del núcleo, hizo falta el desarrollo de formulaciones matemáticas sobre las fuerzas nucleares: electrodébil y fuerte; la primera fue establecida en los años 60s por Sheldon Glashow, Steven Weinberg y Abdus Salam (premio Nobel 1999), y la segunda en los 70s, conocida como cromodinámica cuántica, propuesta por David Politzer, Frank Wilczek y David Gross (premio Nobel 2004). Todas estas construcciones teóricas, junto con la electrodinámica cuántica, constituyen el fundamento del Modelo Estándar de partículas subatómicas.

Más allá del átomo

El Modelo Estándar no solo describe a la materia que compone a los átomos y a las moléculas, también otras sustancias que participan de las mismas interacciones o fuerzas pero que sólo se pueden ver en los grandes aceleradores como el LHC o en los rayos cósmicos, muchas de ellas se generaron durante los primeros minutos después del Big Bang pero no llegaron a formar parte de la materia por ser muy inestables. Desde el punto de vista fenomenológico, el Modelo Estándar clasifica a las partículas más fundamentales en leptones y quarks. El electrón es un leptón y los protones y neutrones están compuestos por los quarks: up y down (arriba y abajo, si, así se llaman). En general hay 3 familias de leptones y 3 de quarks. También considera a las interacciones entre ellas: electromagnética, electrodébil y fuerte y explica el origen de la masa, a través del campo de Higgs. (Aquí puedes encontrar una explicación completa sobre el Modelo Estándar y aquí sobre el bosón Higgs).



Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass→ charge→ spin→ name→	2.4 MeV, ⅔, ½, u, up	1.27 GeV, ⅔, ½, c, charm	171.2 GeV, ⅔, ½, t, top	0, 0, 1, γ, photon
Quarks	4.8 MeV, -⅓, ½, d, down	104 MeV, -⅓, ½, s, strange	4.2 GeV, -⅓, ½, b, bottom	0, 0, 1, g, gluon
	<2.2 eV, 0, ½, ν_e, electron neutrino	<0.17 MeV, 0, ½, ν_μ, muon neutrino	<15.5 MeV, 0, ½, ν_τ, tau neutrino	91.2 GeV, 0, 1, Z^0, weak force
Leptons	0.511 MeV, -1, ½, e, electron	105.7 MeV, -1, ½, μ, muon	1.777 GeV, -1, ½, τ, tau	80.4 GeV, ±1, 1, $W^\pm$, weak force

Bosons (Forces)

Los logros del Modelo Estándar han sido notables. Todas las partículas, sus propiedades e interacciones predichas por él han sido observadas. El bosón de Higgs era el último eslabón en esta cadena impresionante de hallazgos que lo mantiene vigente. Aun así, a pesar de eso, sabemos que hay más. Entendemos que el Modelo Estándar no es suficiente. Debemos aventurarnos a buscar qué hay más allá del Modelo Estándar para lograr una comprensión del microcosmos compatible con la gravedad de Einstein (Relatividad General), y que nos permita desentrañar secretos del Universo como la materia oscura y la energía oscura. Entonces, ¿puede el estudio del átomo seguir impulsando la generación de conocimiento científico, esta vez más allá del Modelo Estándar? Apuesto que sí.

Materia sintética o exótica y el enigma del radio del protón

El estudio del átomo aún hoy después de 100 años continúa más vivo que nunca. Los físicos experimentales construyen átomos de hidrógeno con materia exótica para investigar sus propiedades y comparar con las predicciones teóricas. Por ejemplo, el experimento ALPHA del CERN, consiste en construir y atrapar átomos de antihidrógeno, es decir, que contienen un antiprotón y un positrón para estudiar sus propiedades. Aun cuando teóricamente dicho átomo debería tener carga eléctrica neutra, tal como el de hidrógeno ordinario, los físicos nunca dan nada por sentado y durante varios años se han dedicado a comprobar que, efectivamente, el átomo de antihidrógeno es neutro. Resultado que han logrado con alta precisión. Los científicos de la colaboración ALPHA también realizan experimentos para observar la reacción de estos antiátomos frente a la gravedad, si se comportan igual que los átomos de materia.

Por otro lado, los físicos experimentales tienen varias décadas produciendo y estudiando átomos exóticos que tienen muones en vez de electrones, enlazados al núcleo. Un muón es una partícula con las mismas propiedades que un electrón, pero con una masa 200 veces mayor. La colaboración CREMA ha logrado desarrollar técnicas para medir los espectros de los átomos de muones y en particular el corrimiento de energía de Lamb, abriendo nuevamente una caja de Pandora[2]. Veamos en qué consiste.

Los cálculos del corrimiento de energía de Lamb requieren considerar al radio del núcleo como una cantidad finita, es decir, el que núcleo ocupe una región del espacio, que no sea un punto. Para el átomo de hidrógeno, el radio del núcleo sería simplemente el radio del protón. Físicamente el radio del protón define el volumen sobre el cual está esparcida su carga eléctrica. Entonces, lo que ha ocurrido experimentalmente es que las mediciones de alta precisión del corrimiento de Lamb en el átomo de hidrógeno muónico, de deuterio y ahora de helio revelan un tamaño del protón y de los núcleos de deuterio y helio muónico más pequeño que el del átomo de hidrógeno, deuterio y helio con electrones. Es decir, el muón parece encoger al protón, cuando forman un átomo de hidrógeno. Este efecto, conocido como “el enigma del radio del portón”, no ha podido ser explicado dentro de los fundamentos disponibles. Algunos expertos trabajan en resolver este acertijo dentro del Modelo Estándar, otros opinan que es posible que nuevamente el átomo empuje la frontera del conocimiento y nos haga a ir más allá del Modelo Estándar.

VÉASE: HTTPS://ISSUU.COM/VANESSAMORALESHUERTA/DOCS/FANZINE_-_MATERIA_EXOTICA

No dejes de visitar THE ROOM ARCHIVE por más temas de interés.



Esta es una iniciativa personal para facilitar datos sobre el tema.